

Тема: «Исследование процессов лазерной сварки биметаллических пластин из сплавов АМг5 и 12Х18Н10Т»

Авторы: Кобылко Н.И., ORCID 0009-0000-2496-6553. КНИТУ – КАИ.

Ключевые слова: лазерная сварка, биметалл, разнородные материалы, алюминиевый сплав АМг5, нержавеющая сталь 12Х18Н10Т, интерметаллические фазы, микроструктура, механические свойства.

Введение и актуальность: Создание неразъемных соединений разнородных материалов, таких как алюминиевые и коррозионностойкие стальные сплавы, является ключевой задачей в современных отраслях: аэрокосмической, судостроении, энергетике и транспорте. Такие соединения позволяют совместить преимущества материалов: высокую удельную прочность и теплопроводность алюминия с прочностью, жаропрочностью и коррозионной стойкостью стали. Однако прямое сплавление Al и Fe сопряжено с фундаментальными трудностями: ограниченная взаимная растворимость в твердом и жидком состоянии, образование хрупких интерметаллических фаз (FeAl , FeAl_2 , Fe_2Al_5 и др.), значительная разница в теплофизических свойствах (температура плавления, коэффициент теплового расширения, теплопроводность). Лазерная сварка, как высококонцентрированный источник энергии с точным управлением, рассматривается как перспективный метод для минимизации зоны взаимодействия и управления структурой соединения.

Материалы: Пластины из сплава АМг5 (основной легирующий элемент Mg ~5%) и стали 12Х18Н10Т (18% Cr, 10% Ni, Ti для стабилизации).

Оборудование: Волоконный или дисковый лазер средней и высокой мощности (1-6 кВт) с системой ЧПУ.

Схемы соединения: Сварка встык с смещением луча в сторону алюминия. Сварка внахлестку с лучом, направленным на сталь, для оплавления кромки стали и ее смачивания алюминием.

Использование промежуточных прослоек: Предварительное нанесение или использование фольг из материалов-посредников, например, Ni, Cu, Si, Zn.

Контроль параметров: Мощность (P), скорость сварки (V), диаметр пятна, смещение луча относительно стыка, угол скоса кромок, защитная атмосфера (Ar, возможно, с добавками).

Методы анализа: Оптическая и электронная микроскопия (SEM), рентгеноструктурный анализ (XRD), энергодисперсионный микроанализ (EDS), микрогеометрический анализ, испытания на растяжение и микротвердость.

Ожидаемые результаты и обсуждение:

Геометрия шва и зона термического влияния (ЗТВ): Ожидается узкая ЗТВ и минимальная деформация благодаря высокой концентрации энергии.

Фазовый состав и интерметаллиды: В зоне сплавления, при прямом контакте расплавов, неизбежно образование интерметаллических соединений (ИМС) системы Fe-Al. Ключевая задача — минимизировать толщину слоя ИМС (критический порог ~5-10 мкм) и/или модифицировать его состав за счет точного управления тепловложением для сокращения времени пребывания в жидкой фазе; использования интерлейеров (например, Ni способствует образованию менее хрупких фаз; Si подавляет рост Fe_2Al_5); локализации перемешивания (например, при сварке внахлестку).

Механические свойства: Прочность соединения будет напрямую коррелировать с толщиной и типом слоя ИМС. Максимальная прочность ожидается при тонком (< 5 мкм), прерывистом или модифицированном слое интерметаллидов. Типичные виды разрушения — хрупкое по зоне ИМС.

Роль легирующих элементов в стали (Ni, Cr, Ti): Ni может улучшать смачиваемость и участвовать в формировании фаз. Cr и Ti, обладая высоким сродством к углероду, могут снижать риск образования карбидов, но также

могут образовывать сложные интерметаллиды, что требует отдельного изучения.

Оптимальный режим: Ожидается, что режимы с высокой скоростью и средними мощностями, приводящие к минимальному перемешиванию, будут предпочтительнее.

Выводы и значимость:

Лазерная сварка представляет собой эффективный инструмент для создания соединений алюминий-сталь, но требует предельно точного контроля параметров для подавления роста хрупких интерметаллических фаз. Наиболее перспективными подходами для пары АМг5/12Х18Н10Т являются сварка внахлестку с направлением луча на сталь. Применение промежуточных прослоек на основе Ni или Si. Использование режимов с высокой скоростью и точной фокусировкой луча.

Список использованных источников:

1 Сахаров А.С., Олышанский Н.А. Особенности сварки разнородных материалов на основе алюминия и железа // Сварочное производство. – 2018. – № 5. – С. 34-41.

2 Терехов А.В., Орлов Л.Н. Лазерная сварка разнородных соединений алюминий-сталь: состояние и перспективы // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2020. – № 2. – С. 87-103.

3 Булат С.И., Гребенщиков С.М., Захаров С.В. Влияние легирования на формирование интерметаллидной фазы при сварке алюминия со сталью // Сварочное производство. – 2021. – № 8. – С. 11-19.